植物提取物的特性及其在母猪生产中的应用[1]

王 浩 印遇龙 邓百川 邓近平* 谭成全*

（华南农业大学动物科学学院，广州 510642）

摘 要：母猪繁殖性能是决定猪场生产水平和经济效益的关键因素，而我国母猪年生产力与欧美发达国家还存在明显差距。尽管抗生素作为饲料添加剂在一定程度上改善了母猪繁殖性能，但抗生素在饲料中的过度使用会导致耐药菌的产生以及肉制品残留等问题，危害人类的身体健康和生态环境。植物提取物是用物理或者化学方法，从植物中提取的含有多种天然生物活性物质的植物源添加剂产品。近年来，植物提取物作为抗生素替代物在母猪生产中的应用得到了广泛关注。本文结合国内外研究进展，对植物提取物的特性及其对母猪生产性能的影响进行综述，旨在为植物提取物在母猪生产中的应用进行更深入的研究提供参考。

关键词：植物提取物；特性；母猪；应用

中图分类号：S816.7；S828 文献标识码： 文章编号：

在母猪养殖生产中，进程性氧化应激、肠道健康受损及泌尿繁殖系统疾病等因素，损伤母猪繁殖周期机体健康，导致母猪泌乳期采食量不足[1]、种用年限缩短[2]及繁殖性能降低[3]，严重影响养猪企业的经济效益。尽管抗生素作为饲料添加剂后，母猪养殖产业中的这些问题得到有效改善，这促进了母猪养殖业的发展[4]。但国内规模化猪场抗生素滥用情况非常严重，不仅会导致肉制品中抗生素残留，还会导致耐药细菌的产生，严重威胁人类的健康[5]。目前许多国家已禁止在饲料中添加抗生素，或限制饲料中抗生素的添加。因此，在后抗生素时代，开发天然、毒副作用小的抗生素替代物作为饲料添加剂已成为研究的热点。植物提取物作为抗菌药物已有悠久的历史[6]，因具有较好的抗菌抗病毒效果，毒副作用较小等特点，近年来在抗生素替代物领域得到了广泛地关注和研究。中国以纯天然植物作为药物使用已有数千年历史，物产资源及其丰富。因此，加深植物提取物在畜牧产业中的应用研究具有广阔的发展前景。

1 植物提取物的特性

植物提取物是指用物理或者化学方法，从植物中提取得到的植物源添加剂产品，主要活性成分有挥发油、生物碱、多糖、黄酮、皂甙和植物单宁等。在畜禽生产中，这些活性成分具有抗氧化、抗菌、改善动物肠道健康及增强免疫力等多种生物特性。

1.1 抗氧化

收稿日期：2017–04–14

作者简介：王 浩（1994–），男，河南漯河人，硕士研究生，从事猪营养与饲料的研究。E-mail: haow94@163.com

*通信作者：谭成全，讲师，E-mail: tanchengquan@scau.edu.cn；邓近平，研究员，博士生导师，E-mail: 360437040@qq.com

抗氧化活性在各种植物提取物中普遍存在，相对而言，唇形科植物提取物具有更强的抗氧化活性，其活性成分与抑菌成分基本一致，大多为酚醛类物质[7]。在母猪妊娠期饲粮添加 15 mg/kg 的止痢草油可显著降低分娩当天血清 8–羟基脱氧鸟苷（8-OHdG）及硫巴比妥酸反应物（TBARS）含量[8]。大量研究表明，植物提取物的总酚含量与其自由基清除能力显著正相关，进一步说明植物的抗氧化能力主要与酚类物质有关[9-11]。黄酮、多糖等植物提取物活性成分也具有一定抗氧化作用。从母猪妊娠第 95 天至泌乳期第 18 天，在饲粮中持续添加 45 mg/kg 的黄豆黄素，母猪泌乳期血浆丙二醛（MDA）含量显著下降，超氧化物歧化酶（SOD）活性、总抗氧化能力（T-AOC）显著升高，泌乳期第 7 天及 18 天血浆过氧化氢酶（CAT）活性及第 7 天血浆谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性均显著提高，初乳 GSH-Px 及常乳 SOD 活性均显著升高，常乳 MDA 含量显著降低[12]。从妊娠第 90 天至泌乳期第 18 天，在母猪饲粮中添加 200 mg/kg 的人参多糖，母猪常乳及分娩当天血清 MDA 含量显著下降，GSH-Px 活性显著升高[13]。

1.2 抗菌

植物提取物具有较好的抗菌效果，唇形科植物，因较强的抗菌效果得到了更广泛地关注，如迷迭香、止痢草和鼠尾草等，其主要抗菌活性成分为酚类物质，对革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌均有较强的抑菌效果[14-15]。植物提取物也可显著抑制泌尿生殖系统相关病原微生物。体外研究发现芫荽精油、百里香精油、小茴香精油可通过对大肠杆菌、白色念珠菌、变形杆菌、金黄色葡萄球菌及肠球菌等细菌的抑制治疗阴道炎[16-17]。Fratini 等[18]研究了 10 种植物精油对诱发奶牛乳腺炎病原菌的抑菌活性，结果表明香薄荷、百里香、牛至精油的抑菌效果最强。研究表明大蒜提取物也可通过抑制子宫病原菌生长，促进奶牛子宫内膜炎的恢复[19]。研究表明，在母猪饲粮中添加 1 000 mg/kg 止痢草油可显著降低母猪泌尿生殖系统疾病（SUGD），及乳腺炎–子宫炎–无乳症（MMA）患病率，这可能与其对大肠杆菌繁殖等病原菌的抑制有关[8, 20-22]。

1.3 改善机体肠道健康

植物提取物不仅可抑制抑制机体泌尿生殖系统病原菌的生长，在遏制肠道有害菌繁殖，促进益生菌生长，维持动物肠道菌群稳态方面也有显著的效果。在母猪整个妊娠周期添加止痢草油可显著抑制肠道大肠杆菌及肠球菌生长，促进乳酸杆菌繁殖[8]。葫芦巴籽提取物的主要成分为皂苷，在泌乳期添加 2 000 mg/kg 的葫芦巴籽提取物，也可显著降低母猪肠道大肠杆菌丰度[23]。海藻提取物的主要成分为海带多糖和岩藻糖，研究表明，在母猪妊娠 109 d 及泌乳期添加 10 g/d 的海藻提取物后，母猪盲肠大肠杆菌丰度显著降低，乳酸杆菌与大肠杆菌比值显著增高[24]。有研究表明，在母猪泌乳期饲粮中添加海藻提取物还可显著降低哺乳仔猪[25]及仔猪断奶时[26]的结肠大肠杆菌丰度，提高仔猪结肠乳酸杆菌与大肠杆菌比值。

1.4 增强免疫力

植物提取物中的挥发油、生物碱、多糖、黄酮和皂甙等成分在机体免疫调节中都表现出一定的效果。葫

芦巴籽提取物的主要成分为皂苷，从母猪妊娠期第 108 天至泌乳期第 21 天，在母猪饲粮中添加 2 000 mg/kg 的葫芦巴籽提取物，可显著提高母猪分娩当天及泌乳第 21 天血清免疫球蛋白 G（IgG）含量[23]。大豆异黄酮和黄芪多糖混合物也可通过提高母猪血清 IgG、免疫球蛋白 A（IgA）和白细胞介素–2（IL-2）含量，增强机体非特异性免疫及体液免疫功能[27]。植物提取物还可增强机体特异性免疫能力，在母猪妊娠第 90 天至泌乳第28天饲粮中添加200 mg/kg的人参多糖不仅可显著提高母猪初乳、常乳、分娩当天和分娩第15天血清IL-2、白细胞介素–6（IL-6）及 IgG 含量，还可提高母猪猪瘟病毒特异性抗体含量，且乳液及血清中 IL-6 和猪瘟特异性抗体含量的提高存在剂量依赖关系[13]。

2　植物提取物在母猪生产中的应用

母猪泌乳期体重损失过多，将会对母猪的繁殖性能造成不利的影响，如断奶至发情间隔（weaning-to-estrus interval,WEI）延长，排卵率、受精率、胚胎存活率降低等[28]。母猪的泌乳期采食量，也是影响其体况及泌乳性能的主要因素[29]。本文总结了近年来植物提取物对母猪性能的影响（表 1）。由表 1 所见，大多数植物提取物都有提高母猪泌乳期采食量，改善母猪泌乳期体况及泌乳性能的作用。此外，植物提取物还具有提高母猪活产仔数[20-22]，缩短 WEI[30]的效果。

表 1　植物提取物对母猪生产性能的影响

Tabe 1　Effects of plant extracts on performance of sows

植物名称 Name of plant	主要有效成分 Mainly active components	添加时间 Duration of supplemental/d	添加量 Supplemental dose/（mg/kg）	作用效果（与对照组相比） Treatment effects (compared with the control group)/%			参考文献 References
				平均日采食量 ADFI	平均日增重 ADG	断奶均重 Average weight at weaning	
大茴香 Star anise	茴香醚	G_{85}—L_{21}	5 000	+9.6	+21.0	+16.4	Wang 等[31]
大茴香 Star anise	大茴香脑，大茴香醛		5 000	—	−3.2	+2.0	
生姜 Ginger	6-姜烯，6-姜酚	G_{85}—L_{21}	10 000	—	0	0	李雪艳等[32]
丹参 Dan-shen root	丹参素，丹酚酸，丹参酮 IIA		10 000	—	−3.6	+1.5	
生姜 Ginger	生姜提取物	G_{85}—L_{28}	250	—	+4.6	+4.0	Lee 等[33]
			500	—	+3.2	+4.0	
大豆 Soy	黄豆黄素	G_{85}—L_{18}	15	−2.5	+3.9	+2.0	Hu 等[12]
			30	+1.1	+7.0	+3.4	
			45	+3.0	+10.3	+6.3	
胡芦巴籽 Fenugreek seed	皂苷	G_{108}—L_{21}	1 000	—	+11.6	+13.9	Hossain 等[23]
			2 000	—	+11.6	+12.2	
海藻 Seaweed	海带多糖，盐藻多	G_{107}—L_{26}	10 g/d	—	+14.8	—	Leonard 等[26]
奶蓟草 Milk thistle	水飞蓟	L_{1}—L_{18}	1 g/d	−7.0	−2.5	−2.4	Farmer 等[34]
			8 g/d	−3.0	0	+1.0	
人参 Ginseng	人参多糖	G_{90}—L_{28}	100	—	—	+6.6	Xi 等[13]
			200	—	—	+9.1	
			400	—	—	+6.7	
止痢草 Oregano	香芹酚，百里香酚	G_{1}—L_{21}	15	+2.2	+8.3	+6.9	Tan 等[8]
		G_{1}—L_{19}	250	+4.1	+6.5	+4.5	Ariza-Nieto 等[35]
		G_{109}—L_{22}	1 000	+1.8	—	—	Allan 等[22]
		G_{110}—L_{21}	1 000	0	—	—	Amrik 等[21]
		L_{1}—E_{1}	1 000	+6.0	—	—	Kis 等[30]
丝兰 Yucca shidigera	皂苷	G_{107}—L_{23}	200	+3.8	+2.6	−4.3	Ilsley 等[36]
皂树 Quillaja saponaria			250	0	−5.0	-7.8	
植物提取物混合物 Plant extracts compound	香芹酚，辣椒素，肉桂醛		100	+2.0	+11.6	0	
植物提取物混合物 Plant extracts compound	植物精油，黄酮	G_{107}—L_{22}	40	+1.0	—	+7.0	Wang 等[37]

植物提取物混合物 Plant extracts compound	香芹酚，肉桂醛，辣椒油树脂	G_{90}—L_{28}	100	—	+13.4	+10.4	Matysiak 等[38]
植物提取物混合物 Plant extracts compound	柠檬酸，山梨酸，香芹酚，香草醛	G_{108}—L_{25}	500	+6.1	－2.6	－1.8	Balasubramanian 等[39]
			1 000	－3.4	+12.4	+10.5	
植物提取物混合物 Plant extracts compound	黄芩，金银花	G_{107}—L_{28}	5 g/d	0	+8.6	+1.5	Liu 等[40]
			10 g/d	+11.5	+2.0	+9.2	
植物提取物混合物 Plant extracts compound	穿心莲，余甘子，姜黄，生姜，大蒜	L_1—L_{28}	1 000	+7.0	—	+7.9	Lipiński 等[41]
植物提取物混合物 Plant extracts compound	大豆异黄酮，黄芪多糖	L_1—L_{21}	100	+7.0	+14.1	+11.1	王志龙等[27]
			200	+10.3	+19.4	+16	
			300	+2.3	－2.1	+1.0	

“G”表示妊娠，“L”表示泌乳，“E”表示发情，如“G_{85}—L_{21}”表示植物提取物添加时间由妊娠第 85 天到泌乳第 21 天。

‘G’, ‘L’ and ’E’ stand for gestation, lactation and estrus. For instance, plant extract was added from 85 day of gestation to 21 day of lactation, which is expressed as ‘G_{85}—L_{21}’.

由表 1 可知，植物提取物的添加时间是影响其作用效果的重要因素。Ariza-Nieto 等[35]研究结果表明，在母猪整个繁殖周期均添加止痢草油，可显著增加仔猪 9~12 日龄的平均日增重（ADG）、摄乳量及能量摄入量，但仅在妊娠期或泌乳期添加止痢草油都没有显著作用效果。Wang 等[31]研究发现，在母猪整个繁殖周期均添加 5 000 mg/kg 的大茴香粉可显著提高母猪泌乳期的泌乳量及仔猪 ADG 和断奶均重，仅在其泌乳期添加也可显著提高其泌乳性能，但仅在妊娠期添加时，母猪性能没有显著变化。

植物提取物添加量不同时，在母猪生产中的应用效果存在差异。Ariza-Nieto 等[35]研究表明在母猪整个繁殖周期日粮中添加 250 mg/kg 的止痢草油，可显著提高仔猪 ADG 和断奶窝重。Tan 等[8]研究发现仅添加 15 mg/kg 止痢草油时，在提高泌乳仔猪 ADG 和断奶窝重方面有更显著的效果。Balasubramanian 等[39]研究发现，在 500 mg/kg 的添加量时，有机酸和止痢草油混合物能显著提高母猪泌乳期采食量，在 1 000 mg/kg 的添加量时，母猪泌乳期采食量没有显著变化，但仔猪 ADG 和断奶窝重显著提高。Xi 等[13]对比了不同添加量人参多糖对母猪性能、机体抗氧化能力和免疫功能的影响，结果表明，添加量为 200 mg/kg 时，人参多糖可显著提高仔猪的断奶窝重，添加量为 400 mg/kg 时，其对仔猪断奶窝重没有显著影响，但能够显著降低母猪血清 MDA 含量，提高血清 IL-6 含量。王志龙等[27]研究发现，在母猪饲粮中添加 200 mg/kg 的黄芪多糖和大豆异黄酮混合物时，母猪泌乳期采食量及仔猪 ADG 和断奶均重均有显著提升，但添加量为 100 或 300 mg/kg 时，对母猪采食量及泌乳性能均没有改善。

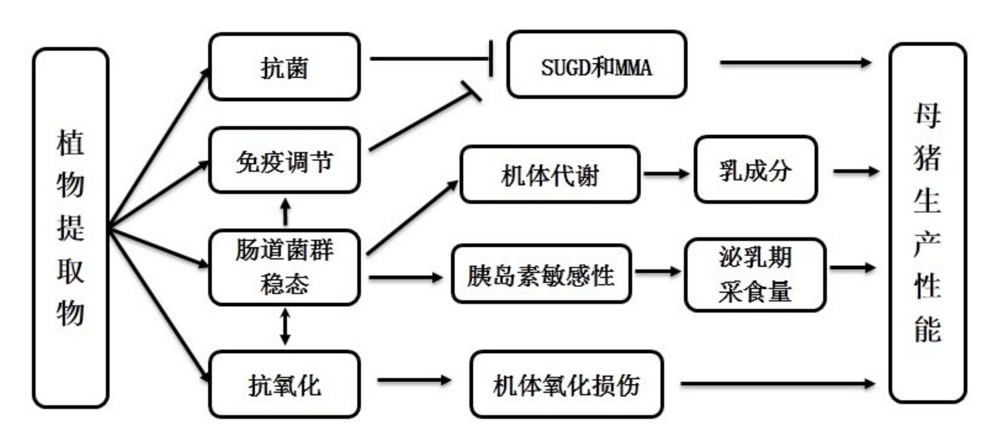
植物提取物的添加方式会显著影响其作用效果。如研究较多的止痢草油，早期研究中，大多将止痢草茎、叶中冷压提取的止痢草油直接作为饲料添加剂，在高达 1 000 mg/kg 添加量时才具有一定的作用效果[21-22,30]。Shoji 等[42]研究表明，止痢草油的主要成分香芹酚溶解度较低，在体内易被降解，生物利用度极低。近年来，止痢草油大多采用惰性载体包被的方式使用，以提高其作用效果，如 Tan 等[8]和 Ariza-Nieto 等[35]研究表明，使用惰性载体包被止痢草油，在 15 mg/kg 的添加量时已可显著提高母猪泌乳期采食量及泌乳性能。最近的研究发现，采用脂质体或胶束的包被方式，可更显著地提高香芹酚的生物利用度[43]。大茴香、生姜等植物提取物的作用机理研究较为浅显，目前在畜牧生产中，仍采用粉碎后直接添加等较为简易的添加方式，作用效果极不稳定，使用技术亟需革新[31-33]。

繁殖周期的各个阶段，母猪机体的代谢水平及生理状态都存在差异。大量的研究结果表明，植物提取物不同的添加量和添加方式往往表现出不同的作用效果。因此，在母猪生产中，只有加深对植物提取物作用机理的研究，选择适宜的植物提取物添加阶段和添加量，革新使用技术，才能进一步推动植物提取物在母猪生产中的应用。

3　植物提取物影响母猪生产性能的机理

植物提取物成分复杂，具有抗氧化、抗菌、改善动物肠道健康及增强免疫力等多种生物学特性，多种生

物学功能通过不同的作用途径影响母猪性能，其主要可能作用机理如图 1 所示。



→：促进 promote；┤：抑制 inhibit；SUGD：泌尿生殖系统疾病 swine urogenital disease；MMA：乳腺炎–子宫炎–无乳症 mastitis-metritis-agalactia。

图 1　植物提取物影响母猪生产性能的可能机理

Fig.1　Potential mechanism of plant extracts for affecting performance of sows

母猪在妊娠后期，胎儿迅速发育，母猪代谢旺盛，产生大量的活性氧（ROS）并蓄积，母猪易发生进程性氧化应激，影响母猪的繁殖性能，导致母猪产仔性能下降，泌乳力降低[44]。近年来，植物提取物在母猪应用的研究，大多使用了唇形科植物提取物[8,21-22,30,35-36,38-39]。相对于其他植物，唇形科植物提取物具有更强的抗氧化特性，主要成分酚萜类物质的酚羟基可作为供氢体，直接清除机体内的 ROS，减轻母猪机体的氧化损伤；还可介导机体抗氧化相关信号通路，提高相关基因的转录和蛋白质表达，促进机体 SOD 等抗氧化酶的分泌，提高机体抗氧化能力[45]。机体内的二价过渡金属离子，如亚铁离子（Fe^{2+}），可催化体内的过氧化反应，还能促进羟基自由基（OH•）等自由基形成，有学者研究认为，迷迭香酚等具有 2 个酚羟基的物质，可通过螯合机体内二价过渡金属离子，抑制机体内过氧化反应及自由基形成，缓解机体的氧化损伤[46]。黄酮类物质，尤其是一甲基黄酮，如黄豆黄素，可通过抑制还原型烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸（NADPH）氧化酶活性，抑制超氧阴离子自由基（$O_2^{\bullet-}$）的产生，还可与 $O_2^{\bullet-}$聚合，清除体内蓄积的 $O_2^{\bullet-}$，减轻母猪妊娠后期氧化损伤[37,47]。另有研究表明，母猪妊娠期氧化应激会导致机体出现胰岛素抵抗，降低母猪泌乳期的采食量[48-49]。而止痢草油的抗氧化作用还可能通过降低母猪妊娠后期氧化损伤，提高机体胰岛素敏感性，进而提高泌乳期采食量[8]。

妊娠母体肠道菌群重塑是诱导妊娠代谢紊乱综合征的重要角色[50]，且妊娠过程中发生的氧化应激会进一步导致母体肠道菌群紊乱[51]。肠道菌群不仅可通过其代谢产物短链脂肪酸（SCFA）调控机体代谢与免疫[52]，还会影响机体的抗氧化系统，如大肠杆菌等有害菌及其产物会作用于机体肠道上皮细胞膜表面的模式识别受体（FPR），致使更多的 ROS 产生，导致机体更易发生氧化应激[53]，乳酸杆菌则可通过铁依赖性过氧化物酶抑制体内的过氧化反应，减少过氧化氢（H_2O_2）等氧自由基的产生[54]。肠道蛋白菌门丰度身高或拟杆菌门丰

度降低会刺激胃肠道炎症反应，促进炎症因子的释放，产生的炎症因子如肿瘤坏死因子–α（TNF-α）会促进氮氧化酶（NOX1）调节双重氧化酶 2（*DUOX*2）的表达，进而促进上皮细胞 ROS 的产生，造成机体的氧化损伤[55]。最近的研究发现，肠道菌群还可介导机体氨基酸代谢相关通路，影响动物乳液中乳蛋白的含量[56]。大量研究表明，黄芪多糖、止痢草油和皂苷等植物提取物具有促进乳酸杆菌等有益菌生长，抑制大肠杆菌等有害菌繁殖，维持机体肠道微生物稳态的作用[8,23,28,57]。香芹酚和百草香酚等不仅可调节机体肠道菌群稳态环境，还可加快动物肠绒毛上皮细胞的更新速度，提高母猪泌乳期营养物质吸收率，减少泌乳期体重损失，增强母猪泌乳力[36]。

在分娩期，母猪免疫功能下降，产道易与外界病原微生物接触，金黄色葡萄球菌、大肠杆菌等病原菌易诱发 SUGD 和 MMA，导致母猪健康受损，泌乳力下降[58]。小茴香、香薄荷、止痢草和百里香精油等可显著抑制大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和白色念珠菌等病原菌的生长，从而降低母体乳腺炎、子宫炎等疾病的患病率[20-21]。植物提取物成分复杂，其抑菌机制也较为多元。如止痢草油的主要成分香芹酚可干扰金黄色葡萄球菌和鼠伤寒沙门氏菌的细菌胞膜的形成，其疏水特性可作用于细胞的脂质结构，影响细胞膜的通透性，提高病原菌的抗生素敏感性[43]。丝状温度敏感蛋白（filamentous temperature-sensitive protein Z,FtsZ）是影响细菌分裂的关键蛋白，FtsZ 蛋白在三磷酸鸟苷（GTP）酶的参与下在细胞中形成环状骨架 Z 环，与其他蛋白结合后引发控制细菌分裂。血根碱和黄连素可通过与 FtsZ 聚合，降低 GTP 酶活及阻碍 Z 形环的形成，抑制细菌分裂，继而抑制母猪泌尿生殖系统及乳腺的病原微生物繁殖[59]。

植物提取物不仅可抑制母猪泌尿繁殖系统病原微生物生长，还可通过调节机体免疫炎症反应，降低母猪 SUGD 及 MMA 患病率，提高母猪生产性能。如止痢草精油的主要成分香芹酚，可通过抑制细胞中丝裂原活化蛋白激酶（MAPK）、核因子－κB（NF-κB）介导的信号通路，下调 *IL*-6、*TNF*-α 等促炎细胞因子 mRNA 的表达，减弱机体炎症反应[60]。止痢草油和生物碱还可加快母体分娩后子宫复旧，增强子宫抗感染能力[22,61]。马齿苋属植物中提取出的生物碱，可通过下调巨噬细胞中环氧合酶（*COX*）和一氧化氮合酶（*NOS*）的基因表达，抑制 TNF-α、前列腺素 E_2[（PG）E_2]等促炎因子的释放[62]。旱金莲的提取物苄芥子油苷，也可作用于 COX 信号通路，继而抑制促炎因子的合成[63]。丝兰，皂树，葫芦巴籽等植物提取物主要成分为皂苷，可显著提高机体血清抗体水平，还可通过促进机体 T 淋巴细胞免疫应答，提高母猪免疫功能[23,36]。人参多糖可提高母猪非特异性免疫[13]，多糖类物质还具有减弱分娩后机体免疫应答，增强白细胞活性的功能[43]。人参多糖和黄芪多糖也可通过调控机体炎性因子相关 mRNA 的表达，而起到调节机体免疫功能的效果[13,27,64]。人参多糖和止痢草油还可提高母猪乳液中免疫球蛋白含量，继而提高仔猪免疫功能[13,35]。此外有研究提示，植物提取物还可通过增加机体免疫器官的重量增强机体免疫功能[65-66]。

综上所述，植物提取物影响母猪繁殖性能的可能机理主要有以下几点：1）降低母猪氧化损伤，提高母

猪胰岛素敏感性，提高母猪食欲和泌乳力；2）维持肠道微生物稳态，调节机体代谢，抗氧化能力及免疫功能；3）增强母猪抗菌抗炎能力，降低泌尿繁殖系统疾病患病率。植物提取物含有多种生物活性物质，具有抗氧化、抗菌，改善动物肠道健康及增强免疫力等多种功能，其多种功能对母猪性能有不同的影响机制，这些机制相互联系，相互作用，共同起到维持母猪机体生理功能稳定，提高母猪繁殖性能的效果。

4 小 结

目前，国内虽有学者陆续开展植物提取物在母猪生产应用中的相关研究，但大多停留于初级阶段。目前还存在众多亟需解决的问题，第一，添加时间及添加量的选择。母猪繁殖周期各个阶段代谢水平和生理状态不断变化，各种植物提取物的作用机制也不尽相同，需对其添加量和添加时间进行更深入的研究，制定适宜添加标准。第二，协同增效使用的相关研究。植物提取物的配伍使用时的协同增效作用不容置疑，但目前关于植物提取物协同使用所选植物种类，添加比例等研究十分匮乏，应广泛开展更多相关基础研究，为其在养殖生产中的应用提供参考。第三，作用机制需要进一步明确。植物提取物成分复杂，活性物质纯化困难等因素，限制了对其作用机制的深入研究，要继续使用分子营养的先进技术，对植物提取物影响母猪繁殖性能的作用机制进行更深入的探讨，为植物提取物在母猪生产中的应用提供理论基础。总之，只有结合现代营养学的研究方法和先进的现代生物学技术，对植物提取物的应用方法和作用机制开展更广泛，更深入的研究，才能推动植物提取物在畜牧生产中的应用和发展。

参考文献：

[1] EISSEN J J,KANIS E,KEMP B.Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation[J].Livestock Production Science,2000,64(2/3):147–165.

[2] ENGBLOM L,LUNDEHEIM N,STRANDBERG E,et al.Factors affecting length of productive life in Swedish commercial sows[J].Journal of Animal Science,2008,86(2):432–441.

[3] KIM S W,WEAVER A C,SHEN Y B,et al.Improving efficiency of sow productivity:nutrition and health[J].Journal of Animal Science and Biotechnology,2013,4(1):26.

[4] MAXWELL C V,COMBS G E,KNABE D A,et al.Effect of dietary chlortetracycline during breeding and(or) farrowing and lactation on reproductive performance of sows:a cooperative study.S-145 committee on nutritional systems for swine to increase reproductive efficiency[J].Journal of Animal Science,1994,72(12):3169–3176.

[5] ZENG Z K,ZHANG S,WANG H L,et al.Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition:a review[J].Journal of Animal Science and Biotechnology,2015,6(1):7.

[6] SI W,GONG J,TSAO R,et al.Antimicrobial activity of essential oils and structurally related synthetic food additives towards selected pathogenic and beneficial gut bacteria[J].Journal of Applied

Microbiology,2006,100(2):296–305.

[7] CAPECKA E,MARECZEK A,LEJA M.Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some *Lamiaceae* species[J].Food Chemistry,2005,93(2):223–226.

[8] TAN C Q,WEI H K,SUN H Q,et al.Effects of dietary supplementation of oregano essential oil to sows on oxidative stress status,lactation feed intake of sows,and piglet performance[J].BioMed Research International,2015,2015(2):525218.

[9] BREWER M S.Natural antioxidants:sources,compounds,mechanisms of action,and potential applications[J].Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,2011,10(4):221–247.

[10] MUCHUWETI M,KATIVU E,MUPURE C H,et al.Phenolic composition and antioxidant properties of some spices[J].American Journal of Food Technology,2007,2(5):414–420.

[11] KÄHKÖNEN M P,HOPIA A I,VUORELA H J,et al.Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,1999,47(10):3954–3962.

[12] HU Y J,GAO K G,ZHENG C T,et al.Effect of dietary supplementation with glycitein during late pregnancy and lactation on antioxidative indices and performance of primiparous sows[J].Journal of Animal Science,2015,93(5):2246–2254.

[13] XI Q Y,JIANG Y,ZHAO S,et al.Effect of ginseng polysaccharides on the immunity and growth of piglets by dietary supplementation during late pregnancy and lactating sows[J].Animal Science Journal,2016,88(6):863–872.

[14] BURT S.Essential oils:their antibacterial properties and potential applications in foods-a review[J].International Journal of Food Microbiology,2004,94(3):223–253.

[15] FRIEDMAN M,HENIKA P R,MANDRELL R E.Bactericidal activities of plant essential oils and some of their isolated constituents against Campylobacter jejuni,Escherichia coli,Listeria monocytogenes,and *Salmonella enterica*[J].Journal of Food Protection,2002,65(10):1545–1560.

[16] BOGAVAC M,KARAMAN M,JANJUŠEVIĆ L,et al.Alternative treatment of vaginal infections-*in vitro* antimicrobial and toxic effects of *Coriandrum sativum* L. and *Thymus vulgaris* L. essential oils[J].Journal of Applied Microbiology,2015,119(3):697–710.

[17] KARAMAN M,BOGAVAC M,RADOVANOVIĆ B,et al.*Origanum vulgare* essential oil affects pathogens causing vaginal infections[J].Journal of Applied Microbiology,2017,122(5):1177–1185.

[18] FRATINI F,CASELLA S,LEONARDI M,et al.Antibacterial activity of essential oils,their blends and mixtures of their main constituents against some strains supporting livestock mastitis[J].Fitoterapia,2014,96:1–7.

[19] SARKAR P,KUMAR H,RAWAT M,et al.Effect of administration of garlic extract and $PGF_2\alpha$ on hormonal changes and recovery in endometritis cows[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2006,19(7):964–969.

[20] MAUCH C,BILKEI G.Strategic application of oregano feed supplements reduces sow mortality and improves reproductive performance-a case study[J].Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics,2004,27(1):61–63.

[21] AMRIK B,BILKEI G.Influence of farm application of oregano on performances of sows[J].Canadian Veterinary Journal La Revue Veterinaire Canadienne,2004,45(8):674–677.

[22] ALLAN P,BILKEI G.Oregano improves reproductive performance of sows[J].Theriogenology,2005,63(3):716–721.

[23] HOSSAIN M M,BEGUM M,NYACHOTI C M,et al.Dietary fenugreek seed extract improves performance and reduces fecal *E. coli* counts and fecal gas emission in lactating sows and suckling piglets[J].Canadian Journal of Animal Science,2015,95(4):561–568.

[24] LEONARD S G,SWEENEY T,BAHAR B,et al.Effect of dietary seaweed extracts and fish oil supplementation in sows on performance,intestinal microflora,intestinal morphology,volatile fatty acid concentrations and immune status of weaned pigs[J].The British Journal of Nutrition,2011,105(4):549–560.

[25] LEONARD S G,SWEENEY T,BAHAR B,et al.Effect of maternal seaweed extract supplementation on suckling piglet growth,humoral immunity,selected microflora,and immune response after an *ex vivo* lipopolysaccharide challenge[J].Journal of Animal Science,2012,90(2):505–514.

[26] LEONARD S G,SWEENEY T,BAHAR B,et al.Effects of dietary seaweed extract supplementation in sows and post-weaned pigs on performance,intestinal morphology,intestinal microflora and immune status[J].British Journal of Nutrition,2011,106(5):688–699.

[27] 王志龙,武洪志,王芳芳,等.大豆异黄酮和黄芪多糖对哺乳母猪生产性能、血清生化和免疫指标以及乳成分的影响[J].动物营养学报,2016,28(12):3970–3976.

[28] TUMMARUK P.Post-parturient disorders and backfat loss in tropical sows in relation to backfat thickness before farrowing and postpartum intravenous supportive treatment[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2013,26(2):171–177.

[29] STRATHE A V,BRUUN T S,HANSEN C F.Sows with high milk production had both a high feed intake and high body mobilization[J].Animal:An International Journal of Animal Bioscience,2017.DOI:10.1017/S1751731117000155.

[30] KIS R K,BILKEI G.Effect of a phytogenic feed additive on weaning-to-estrus interval and farrowing rate in

sows[J].Journal of Swine Health and Production,2003,11(6):296–299.

[31] WANG G Y,YANG C W,YANG Z B,et al.Effects of dietary star anise (*Illicium verum* Hook f) supplementation during gestation and lactation on the performance of lactating multiparous sows and nursing piglets[J].Animal Science Journal,2015,86(4):401–407.

[32] 李雪艳,杨在宾,姜淑贞,等.妊娠后期和泌乳期日粮添加生姜、八角和丹参对母猪抗氧化性能和繁殖性能的影响[J].中国畜牧兽医,2016,43(1):134–139.

[33] LEE S D,KIM J H,JUNG H J,et al.The effect of ginger extracts on the antioxidant capacity and IgG concentrations in the colostrum and plasma of neo-born piglets and sows[J].Livestock Science,2013,154(1/2/3):117–122.

[34] FARMER C,LAPOINTE J,CORMIER I.Providing the plant extract silymarin to lactating sows:effects on litter performance and oxidative stress in sows[J].Animal,2017,11(3):405–410.

[35] ARIZA-NIETO C,BANDRICK M,BAIDOO S K,et al.Effect of dietary supplementation of oregano essential oils to sows on colostrum and milk composition,growth pattern and immune status of suckling pigs[J].Journal of Animal Science,2011,89(4):1079–1089.

[36] ILSLEY S E,MILLER H M,KAMEL H M R.Plant extracts as supplements for lactating sows:effects on piglet performance,sow food intake and diet digestibility[J].Animal Science,2003,77(2):247–254.

[37] WANG Q,KIM H J,CHO J H,et al.Effects of phytogenic substances on growth performance,digestibility of nutrients,faecal noxious gas content,blood and milk characteristics and reproduction in sows and litter performance[J].Canadian Journal of Economics and Political Science,2008,17(1):362–378.

[38] MATYSIAK B,JACYNO E,KAWECKA M,et al.The effect of plant extracts fed before farrowing and during lactation on sow and piglet performance[J].South African Journal of Animal Science,2012,42(1):15–21.

[39] BALASUBRAMANIAN B,PARK J W,KIM I H,et al.Evaluation of the effectiveness of supplementing micro-encapsulated organic acids and essential oils in diets for sows and suckling piglets[J].Italian Journal of Animal Science,2016,15(4):626–633.

[40] LIU W C,YUN H M,PI S H,et al.Supplementing lactation diets with herbal extract mixture during summer improves the performance of sows and nursing piglets[J].Annals of Animal Science,2017.DOI:https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0084

[41] LIPIŃSKI K,SKÓRKO-SAJKO H,ANTOSZKIEWICZ Z,et al.A note on the effect of dietary supplementation with herbal extracts on sow and litter performance[J].South African Journal of Animal Science,2014,44(2):110–113.

[42]SHOJI Y,NAKASHIMA H.Nutraceutics and delivery systems[J].Journal of Drug Targeting,2004,12(6):385–391.

[43]SUNTRES Z E,COCCIMIGLIO J,ALIPOUR M.The bioactivity and toxicological actions of carvacrol[J].Critical reviews in food science and nutrition,2015,55(3):304–318.

[44]敖江涛,郑溜丰,彭健.进程性氧化应激对母猪繁殖性能的影响及其营养调控[J].动物营养学报,2016,28(12):3735–3741.

[45] RUBIOLO J A,MITHIEUX G,VEGA F V.Resveratrol protects primary rat hepatocytes against oxidative stress damage:activation of the Nrf2 transcription factor and augmented activities of antioxidant enzymes[J].European Journal of Pharmacology,2008,591(1/2/3):66–72.

[46] AZIZ M,KARBOUNE S.Natural antimicrobial/antioxidant agents in meat and poultry products as well as fruits and vegetables:a review[J].Critical Reviews in Food Science and Nutrition,2016.DOI:10.1080/10408398.2016.1194256

[47] XIAO Z P,PENG Z Y,PENG M J,et al.Flavonoids health benefits and their molecular mechanism[J].Mini Reviews in Medicinal Chemistry,2011,11(2):169–177.

[48] RAINS J L,JAIN S K.Oxidative stress,insulin signaling,and diabetes[J].Free Radical Biology & Medicine,2011,50(5):567–575.

[49] MOSNIER E,LE FLOC'H N,ETIENNE M,et al.Reduced feed intake of lactating primiparous sows is associated with increased insulin resistance during the peripartum period and is not modified through supplementation with dietary tryptophan[J].Journal of Animal Science,2010,88(2):612–625.

[50] KOREN O,GOODRICH J K,CULLENDER T C,et al.Host remodeling of the gut microbiome and metabolic changes during pregnancy[J].Cell,2012,150(3):470–480.

[51] KRISHNA G,DIVYASHRI G,PRAPULLA S G,et al.A Combination supplement of fructo- and xylo-oligosaccharides significantly abrogates oxidative impairments and neurotoxicity in maternal/fetal milieu following gestational exposure to acrylamide in rat[J].Neurochemical Research,2015,40(9):1904–1918.

[52] ROOKS M G,GARRETT W S.Gut microbiota,metabolites and host immunity[J].Nature Reviews Immunology,2016,16(6):341–352.

[53] JONES R M,MERCANTE J W,NEISH A S.Reactive oxygen production induced by the gut microbiota:pharmacotherapeutic implications[J].Current Medicinal Chemistry,2012,19(10):1519–1529.

[54] MARTÍN R,SUÁREZ J E.Biosynthesis and degradation of H_2O_2 by vaginal lactobacilli[J].Applied and

Environmental Microbiology,2010,76(2):400–405.

[55] ALVAREZ L A,KOVAČIČ L,RODRÍGUEZ J,et al.NADPH oxidase-derived H_2O_2 subverts pathogen signaling by oxidative phosphotyrosine conversion to PB-DOPA[J].Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2016,113(37):10406–10411.

[56] ZHANG J C,XU C B,HUO D X,et al.Comparative study of the gut microbiome potentially related to milk protein in Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*) and Chinese Holstein cattle[J].Scientific Reports,2017,7:42189.

[57] KNUDSEN K E B,HEDEMANN M S,LÆRKE H N.The role of carbohydrates in intestinal health of pigs[J].Animal Feed Science and Technology,2012,173(1/2):41–53.

[58] BOMA M H,BILKEI G.Gross pathological findings in sows of different parity,culled due to recurring swine urogenital disease (SUGD) in Kenya[J].Onderstepoort Journal of Veterinary Research,2006,73(2):139–142.

[59] CUSHNIE T P T,CUSHNIE B,LAMB A J.Alkaloids:an overview of their antibacterial,antibiotic-enhancing and antivirulence activities[J].International Journal of Antimicrobial Agents,2014,44(5):377–386.

[60] ZOU Y,XIANG Q,WANG J,et al.Oregano essential oil improves intestinal morphology and expression of tight junction proteins associated with modulation of selected intestinal bacteria and immune status in a pig model[J].BioMed Research International,2016,2016:5436738.

[61] MUSHTAQ S,RATHER M A,QAZI P H,et al.Isolation and characterization of three benzylisoquinoline alkaloids from *Thalictrum minus* L. and their antibacterial activity against bovine mastitis[J].Journal of Ethnopharmacology,2016,193:221–226.

[62] LI C Y,MENG Y H,YING Z M,et al.Three novel alkaloids from *Portulaca oleracea* L. and their anti-inflammatory effects[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2016,64(29):5837–5844.

[63] TRAN H T T,MÁRTON M R,HERZ C,et al.Nasturtium (Indian cress,*Tropaeolum majus nanum*) dually blocks the COX and LOX pathway in primary human immune cells[J].Phytomedicine,2016,23(6):611–620.

[64] ZHAO X,LACASSE P.Mammary tissue damage during bovine mastitis:causes and control[J].Journal of Animal Science,2008,86(13S):57–65.

[65] 韩杰,张飞,边连全.刺五加多糖对免疫应激断奶仔猪免疫器官指数、粪便微生物菌群数量和胃肠道 pH 的影响[J].动物营养学报,2014,26(8):2314–2319.

[66] CHAUHAN P S,SATTI N K,SURI K A,et al.Stimulatory effects of *Cuminum cyminum* and flavonoid glycoside on Cyclosporine-a and restraint stress induced immune-suppression in Swiss albino mice[J].Chemico-Biological Interactions,2010,185(1):66–72.

Plant Extracts: Characteristics and Application in Sow Production[2]

WANG Hao YIN Yulong DENG Baichuan DENG Jinping* TAN Chengquan*

（*College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou* 510642, *China*）

Abstract： The reproductive performance of sows is a primary factor that determine production level and profitability in swine enterprise, while the piglets number per sow per year in China still was lower than in USA and EU. Although the use of antibiotics improving the performance of sows, but the over-use of antibiotics in the diets has caused problems such as bacterial resistance and drug residue in pork product, which is harmful for health of human and the ecological environment. Plant extracts are phytogenic products consisting a variety of natural active components, which are produced by physical or chemical extraction of natural plants. In recent years, plant extracts, as the alternatives to antibiotics, have attracted increased attention from the sows industries. Referring to domestic and oversea research, this paper reviewed the characteristic of plant extracts and effects on performance of sows, as well as the actual application effects in practice so as to provide a reference for further study in the application of plant extracts in sows feeding.

Key words: plant extracts; characteristics; sows; application

∗Corresponding authors: TAN Chengquan, lecturer, E-mail: tanchengquan@scau.edu.cn; DENG Jinping, professor, E-mail: 360437040@qq.com （责任编辑 田艳明）